Ecología Austral 18:213-222. Agosto 2008
Asociación Argentina de Ecología

Comunicación breve

Cálculo de la receptividad ganadera a escala de potrero en pastizales de la Pampa Deprimida

María Cristina Vecchio [1, ✉], Rodolfo A Golluscio [2] & Miriam I Cordero [1]

1. *Cátedra de Forrajicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.*
2. *IFEVA (UBA/CONICET), Cátedra de Forrajicultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.*

Resumen. Se estableció la receptividad ganadera de un establecimiento de la Pampa Deprimida, combinando imágenes satelitales, destinadas a medir la superficie ocupada por distintas comunidades, con mediciones puntuales de biomasa, para estimar la productividad primaria neta aérea (PPNA) y la proporción de ésta que puede ser consumida por los animales (Índice de Cosecha, IC). La receptividad de cada potrero se estimó como el promedio de las receptividades de las comunidades que lo componen, ponderado por la superficie ocupada por cada una de ellas. La receptividad de cada comunidad fue calculada como el producto entre su PPNA y su IC dividido por el consumo individual anual. La PPNA de las comunidades más conspicuas del pastizal (comunidades B e I) fue estimada en un área excluida al pastoreo vacuno durante los dos años previos al inicio de este estudio. El IC de cada comunidad se calculó como el cociente entre el consumo y la PPNA, estimando el consumo a partir de la pérdida de biomasa entre la entrada y la salida de los animales en potreros pastoreados. La comunidad B alcanzó mayor PPNA e IC que la comunidad I (4584 vs. 2969 kg MS.ha^{-1}.año^{-1} y 75% vs. 61%, respectivamente). La receptividad de cada potrero osciló entre 0.6 y 0.8 EV.ha^{-1}.año^{-1}, estuvo asociada a la proporción de la superficie ocupada por la comunidad B y resultó superior a la estimada a partir de modelos empíricos. Nuestros resultados sugieren que la calidad y confiabilidad de la estimación de receptividad estarán en proporción con la calidad y confiabilidad de los datos de PPNA e IC de que se disponga.

[Palabras clave: capacidad de carga, productividad primaria neta aérea, índice de cosecha, mapa de comunidades vegetales]

Abstract. Estimation of the carrying capacity at paddock scale in natural grasslands of the Flooding Pampa, Argentina: We estimated the Carrying Capacity (CC) of a farm by combining satellite images, aimed at measuring the area of each plant community, with biomass measurements to estimate Aboveground Net Primary Production (ANPP) and the proportion of ANPP that can be consumed by animals (Harvest Index; HI). We estimated CC of each paddock as the mean CC of the different plant communities, weighed by the area occupied by each community within the paddock. Carrying Capacity of each community was obtained as the ratio between the product of ANPP x HI and the individual annual intake. We estimated the ANPP of the most conspicuous plant communities (B and I) within an area that had been fenced to exclude domestic herbivores two years before the beginning of this study. We estimated HI as the ratio between Consumption and ANPP, estimating animal intake from the biomass loss between entry and exit of animals from grazed paddocks. Community B showed a higher ANPP and HI than community I (4584 vs. 2969 kg DM.ha^{-1}.yr^{-1} and 75% vs. 61%, respectively). The Carrying Capacity of each paddock ranged between 0.6 and 0.8 animal units.ha^{-1}.yr^{-1}, was associated to the proportion of the area occupied by community B, and was higher than the CC estimated from empirical models. Our results suggest that both quality and reliability of CC estimates depend on quality and reliability of available ANPP and HI data.

[Keywords: carrying capacity, aboveground net primary production, harvest ndex, plant community map]

✉ Cátedra de Forrajicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Univ. Nacional de La Plata. Calle 60 y 118, La Plata, Pcia. de Buenos Aires.
cvecchio@agro.unlp.edu.ar

Recibido: 14 de diciembre de 2007; Fin de arbitraje: 29 de enero de 2008; Revisión recibida: 23 de abril de 2008; Aceptado: 21 de mayo de 2008

INTRODUCCIÓN

La cría vacuna es la actividad ganadera más importante de la Pampa Deprimida. Se lleva a cabo utilizando el pastizal natural como fuente de forraje casi exclusiva. Los animales perciben la heterogeneidad florística y ejercen una marcada preferencia sobre las especies de alto valor forrajero (Senft et al. 1987). El sobrepastoreo de las especies y comunidades preferidas y la subutilización de las rechazadas o menos preferidas podrían disminuirse realizando un ordenamiento de los potreros que separe comunidades diferentes. Esto permitiría manejar cada comunidad con la carga animal adecuada a su receptividad (Holechek et al. 1995) y con la combinación de intensidad y frecuencia de pastoreo más apropiadas en cada momento del año. En este marco, el cálculo de la receptividad, expresada en equivalentes vaca (EV) por hectárea y por año, es el pre-requisito fundamental para conservar la riqueza florística del pastizal natural y contribuir así a la sustentabilidad ganadera de la región.

Para la correcta estimación de la Capacidad de Carga es necesario conocer la estructura y funcionamiento potenciales del recurso natural. La productividad primaria neta aérea (PPNA) potencial es la variable más importante para estimar la Capacidad de Carga del sistema, ya que representa la principal fuente de energía para los herbívoros (Sala & Austin 2000). De hecho, los métodos frecuentemente utilizados estiman la receptividad como el cociente entre el forraje disponible (generalmente relacionado con la productividad primaria) y el consumo individual anual. En este trabajo se supone que el forraje disponible resulta del producto entre la PPNA y el Índice de Cosecha (IC, la proporción de la PPNA que puede ser consumida por los animales) (Golluscio et al. 1998).

La PPNA de cada unidad de vegetación se puede estimar a partir de mediciones de biomasa (Sala & Austin 2000) o bien a partir de diversos modelos empíricos (Monteith 1972; Paruelo et al. 1997; Sala et al. 1988; Paruelo et al. 2004; Piñeiro et al. 2006). A su vez, el IC puede calcularse a partir de mediciones de consumo animal a campo o bien a partir de la PPNA, utilizando la ecuación desarrollada por Golluscio et al. (1998) sobre la base de relaciones empíricas que se verifican a escala regional (Oesterheld et al. 1992). Las estimaciones a partir de mediciones de campo, sin duda se ajustan más estrechamente a las condiciones reales de cada caso particular, que las obtenidas a partir de modelos. Como contrapartida, son mucho más trabajosas y sensibles a las condiciones ambientales del momento en que se realizan las mediciones y requieren por lo menos un año de mediciones antes de poder arribar a un resultado.

El desarrollo de una metodología confiable para estimar la Capacidad de Carga a escala de establecimiento es un problema complejo, debido a la dificultad para caracterizar la heterogeneidad del recurso forrajero y evaluar cuánto de la biomasa total es realmente pastoreado por el ganado. En este trabajo se establece la receptividad del pastizal a escala de potrero mediante el uso combinado de imágenes satelitales, destinadas a caracterizar la heterogeneidad de la vegetación, y de mediciones puntuales de biomasa para medir tanto la PPNA como el IC (Figura 1). Nuestros objetivos fueron: (a) calcular la PPNA potencial de las principales comunidades que componen el pastizal, (b) estimar el IC de cada una de ellas, (c) estimar la receptividad a escala de potrero y (d) comparar la estimación obtenida a partir de mediciones puntuales a campo con la obtenida a partir de modelos globales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

El trabajo se realizó en un establecimiento de 254 ha, subdividido en 14 potreros de 10 a 20 ha, perteneciente a la Universidad Nacional de La Plata, ubicado en el NE de la Pampa Deprimida (57º37´ W, 35º15´ S), cerca de la localidad de Vieytes, partido de Magdalena, Provincia de Buenos Aires, y dedicado a la cría de ganado vacuno. La precipitación media anual de la región es de 1000 mm y la temperatura media mensual varía de 7 ºC en julio a 22 ºC en enero. En la región se describieron once comunidades vegetales con diversas

variantes, caracterizadas por combinaciones de 20 grupos florísticos. El área de estudio está ubicada en el ambiente definido como "Llanura Plana" (León et al. 1979).

En el establecimiento se encuentran cuatro comunidades. En planos tendidos sobre suelos halomórficos predominan los stands de la comunidad I. Los de la comunidad B forman isletas levemente sobreelevadas, la comunidad F ocupa depresiones plano-cóncavas, circulares y la comunidad E está asociada a canalículos sinuosos interconectados formando una red. Las especies dominantes de la comunidad I son *Sporobolus pyramidatus, S. indicus, Distichlis spicata, D. scoparia*, *Chloris berroi* y el alga cianofícea *Nostoc commune.* La comunidad B está dominada por *Stipa charruana, Danthonia montevidensis* y *Eryngium ebracteatum*, aunque también son frecuentes *Paspalum dilatatum, Bothriochloa laguroides* y *Piptochaetium bicolor*. En la F predominan *Ludwigia peploides, Alternanthera philoxeroides* y *Leersia hexandra* y en la E, *Mentha pulegium* y *Panicum gounii* (León et al. 1979).

Mediciones realizadas

Para estimar la PPNA potencial se cosechó, cortando al ras, la biomasa presente en una superficie de 0.25 m^2 en 10 sitios diferentes de las comunidades B e I, en una parcela de aproximadamente 2 ha, representativa de la heterogeneidad florística del establecimiento, excluida al pastoreo desde 1997. Las comunidades E y F no fueron muestreadas por ocupar superficies muy pequeñas donde la medición no era factible. Se cosechó en otoño (abril), invierno (julio), primavera (noviembre) y verano (febrero) desde 1999 hasta 2001. El material cosechado se separó en biomasa verde y material muerto en pie, se secó en estufa a 75 °C hasta peso constante y se pesó. La PPNA se estimó como la sumatoria de los incrementos de biomasa verde, más los incrementos de material muerto en pie, cuando ambos incrementos ocurrían al mismo tiempo (Singh et al. 1975). El método elegido toma en cuenta que hay material que pasa al compartimento de material muerto en pie durante el intervalo muestral y debe ser considerado como parte

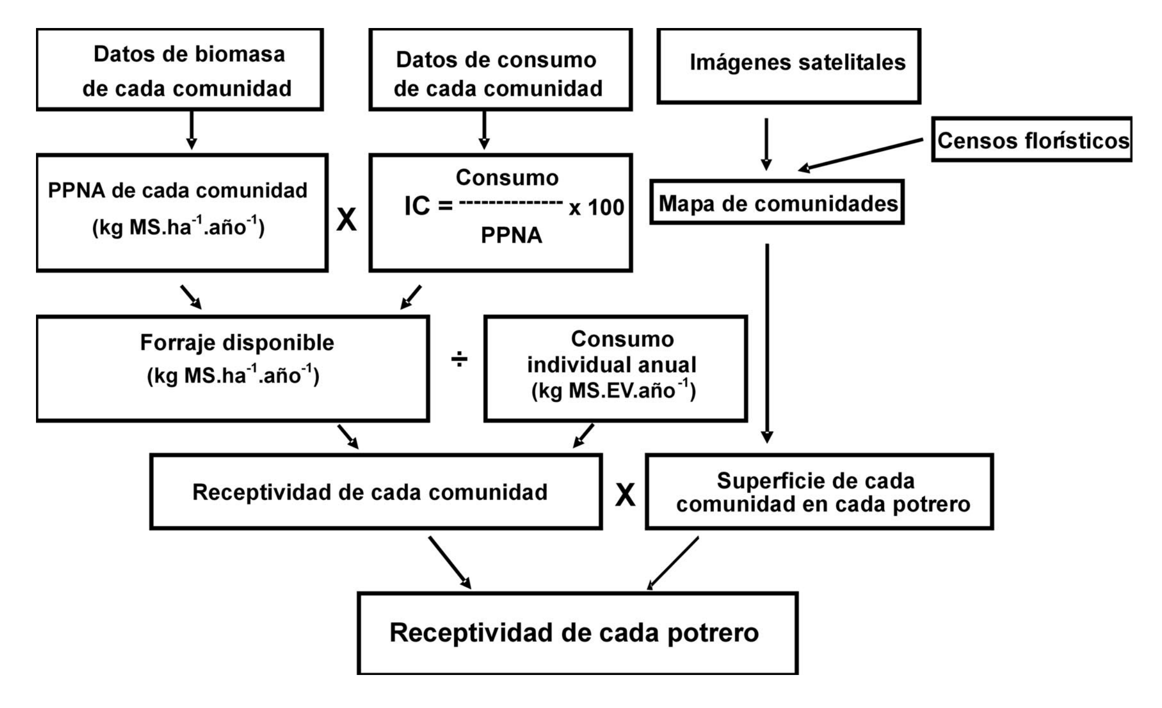


Figura 1. Modelo diagramático de los datos y cálculos necesarios para estimar la receptividad a escala de potrero.

Figure 1. Schematic model of data and calculations required to estimate the Carrying Capacity at paddocks scale.

de la producción anual. En esta estimación no se consideró la broza por su alta variabilidad espacial. La información reunida permitió, por un lado, evaluar el efecto de la exclusión del pastoreo sobre la PPNA y, por otro lado, estimar la PPNA potencial (es decir, en ausencia de pastoreo y de deterioro) para usarla en el cálculo de receptividad. Como PPNA potencial se consideró la correspondiente al año 2001, por ser el año con menor efecto de pastoreo previo a la clausura. Los valores de PPNA obtenidos se compararon con los estimados a partir de la precipitación media anual, utilizando el modelo de Sala et al. (1988). Adicionalmente, se registró la precipitación caída en el establecimiento desde 1999 hasta 2001 y se la comparó con el promedio de la zona en la última década.

El IC de cada comunidad se calculó como el cociente entre el Consumo y la PPNA. El consumo se obtuvo a partir de la diferencia entre las biomasas disponibles al momento de entrada y de salida de los animales al potrero. A tal fin, se realizaron cortes de biomasa en tres sitios permanentes en cada comunidad (B e I), definidos al azar, y ubicados en un potrero de aproximadamente 10 ha, representativo de la heterogeneidad florística del establecimiento. En cada sitio se cosecharon tres submuestras de 0.25 m^2 elegidas al azar en cada fecha de muestreo. Las cosechas tuvieron lugar antes de la entrada y después de la salida de los animales, durante todos los pastoreos ocurridos desde 2001 hasta 2003 (seis pastoreos por año en 2001 y 2002 y cuatro en 2003). El material cosechado se secó en estufa hasta peso constante y posteriormente se pesó. Los datos de consumo se analizaron mediante un ANVA de tres vías (3 años x 2 comunidades x 4 estaciones), con tres repeticiones para cada comunidad y un nivel de significancia de α=0.05. Dado que las series de datos de consumo y PPNA no eran simultáneas, el IC se calculó sobre la PPNA potencial medida en 2001, por tratarse del único año común a ambas series. Los valores de IC obtenidos se compararon con los predichos por el modelo de Golluscio et al. (1998) a partir de la PPNA medida en cada comunidad.

La cuantificación de la superficie correspondiente a cada comunidad en cada potrero se realizó por medio de técnicas de procesamiento de imágenes satelitales, las cuales permitieron caracterizar la heterogeneidad espacial de la vegetación mediante un mapa de comunidades (Paruelo & Golluscio 1994; Paruelo et al. 2000). El mapa de comunidades se realizó en dos etapas. En la primera, a partir de cinco imágenes satelitales Landsat TM de junio, octubre y diciembre de 1999 y enero y febrero de 2000 se generaron mapas de índice verde normalizado (IVN) para cada fecha. Posteriormente se construyó una imagen compuesta por cinco bandas, cada una correspondiente al IVN de una de las fechas. A partir de esa imagen compuesta se construyó un mapa clasificado, mediante clasificación no supervisada que permitió identificar conjuntos de píxeles con similar dinámica de IVN, llamados de aquí en adelante clases o unidades cartográficas, indistintamente. El procesamiento de imágenes se realizó con el sistema ERDAS Image en el Instituto de Suelos y Agua (INTA, Castelar).

La segunda etapa consistió en la validación a campo de la clasificación obtenida en gabinete. A tal efecto se realizaron 49 censos fitosociológicos (Braun-Blanquet 1950) ubicados geográficamente con un geoposicionador satelital (GPS, Garmin II Plus). Cada censo comprendió una lista total de especies presentes en una superficie de 25 m^2 y una estimación visual de la cobertura total y específica. La mayor parte de los censos fue realizada en tres temporadas primaverales sucesivas y los restantes se hicieron en otoño (abril). Con los censos se construyó una tabla fitosociológica que permitió comparar las diferentes comunidades presentes en el establecimiento con las consignadas en la tabla condensada esquemática de León et al. (1979). Para evaluar en qué medida las unidades identificadas en el mapa clasificado correspondían a distintas comunidades se aplicó la prueba de Chi^2, bajo la hipótesis nula de que los censos correspondientes a cada comunidad se distribuían al azar entre las diferentes unidades cartográficas. Una vez realizada la calibración de la imagen satelital con los datos de campo, se midió la superficie de cada unidad de vegetación con el programa ERDAS. Para mapear las comunidades de cada potrero se descartaron aquellas clases de dinámica de IVN de extensión reducida (menor

a 1%) por la imposibilidad de identificarlas a campo.

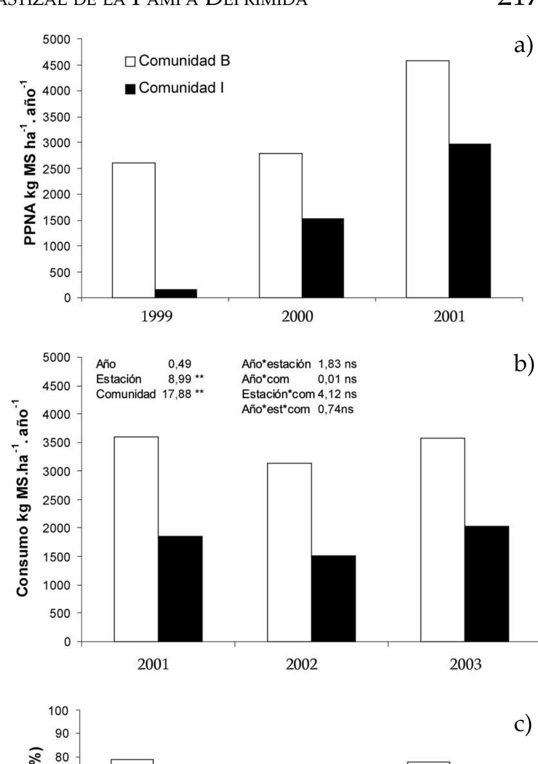
Finalmente, en gabinete, se estimó la receptividad de cada potrero en EV.ha^{-1}.año^{-1}, suponiendo que la PPNA y el IC de las comunidades E y F, para las cuales no se contaba con datos de campo, eran similares a los de la comunidad de menor PPNA e IC, en este caso la comunidad I. Tal aproximación se realizó con el fin de tener una visión conservadora para ambas comunidades del pastizal. Para el cálculo de la receptividad se asumió un consumo diario de 12 kg MS.EV^{-1}.día^{-1} (Coccimano et al. 1975, 1977).

RESULTADOS

La PPNA de ambas comunidades aumentó desde 1999 hasta 2001. El aumento fue más importante en la comunidad I que en la comunidad B (Figura 2a). Durante 2001 la PPNA de la comunidad B fue de 4584 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}, mientras que la de la comunidad I fue de 2969 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}. Ambos valores resultaron inferiores a los estimados a partir de la precipitación media anual (5664 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}; Sala et al. 1988) y a los medidos en la comunidad B por Sala et al. (1981) (5320 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}).

El consumo de los animales fue mayor en la comunidad B que en la comunidad I (Figura 2b), y varió a lo largo del año, siendo máximo en verano y mínimo en invierno en ambas comunidades (datos no mostrados). La comunidad B mostró mayor IC (75%) que la comunidad I (61%) (Figura 2c). Ambos valores superaron los obtenidos a partir de la ecuación de Golluscio et al. (1998), tanto utilizando la PPNA medida en ambas comunidades (43 y 33% en las comunidades B e I, respectivamente) como la PPNA estimada en base a la precipitación media anual (48%).

El mapa de comunidades permitió cuantificar la superficie ocupada por cada comunidad en cada potrero. Se identificaron nueve clases de IVN, correspondientes a distintos patrones de variación del IVN a lo largo del año y numerados en orden de máximo IVN creciente. Se identificaron cuatro comunidades (comu-



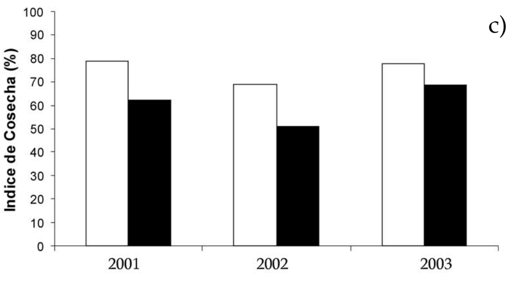


Figura 2. (a) Productividad primaria neta aérea (kg MS.ha^{-1}.año^{-1}) de las comunidades B e I para los períodos 1999, 2000 y 2001 (b) Consumo anual (kg MS.ha^{-1}.año^{-1}) y (c) Índice de Cosecha (%) de las comunidades B e I para los años 2001, 2002 y 2003. Para los datos de consumo se consignan los valores de F obtenidos mediante ANVA (**: $p<0.01$; ns: $p>0.05$). Los datos de PPNA no fueron sometidos a análisis estadísticos (y por ende tampoco los de IC) porque la PPNA se calcula a partir de valores de biomasa promedio para cada fecha.

Figure 2. (a) Aboveground net primary productivity (kg DM.ha^{-1}.yr^{-1}) of plant communities B and I for 1999, 2000 and 2001 (b) Annual animal consumption (kg DM.ha^{-1}.yr^{-1}) and (c) Harvest Index (%) of plant communities B and I for 2001, 2002 and 2003. F values are consigned for consumption data (ANOVA test; **: $p<0.01$; ns: $p>0.05$). ANPP and HI were not subjected to ANOVA because of lack of replications for each date.

nidad B, E, F e I), a partir de la combinación de 13 grupos florísticos (datos no mostrados). La asociación entre clases de IVN máximo y comunidades, evaluada a partir del Chi^2, resultó significativa. Las clases con menores valores de IVN máximo (1, 3, 4 y 5) correspondieron a comunidades con alta proporción de suelo desnudo o bien con alta proporción de material muerto en pie. Las áreas ocupadas por la clase 1 se relacionaron claramente con la comunidad I (Tabla 1), con una cobertura promedio de aproximadamente 35%, un número promedio de 23 especies por censo y donde *Chloris berroi* fue la especie de mayor constancia (Tabla 2). Las áreas ocupadas por las clases 3, 4 y 5 se asociaron con la comunidad B con una cobertura total promedio de 79%, notablemente superior al resto de las comunidades, y una riqueza promedio de 22 especies (las tres clases sólo mostraron sutiles diferencias de cobertura total). En el otro extremo del gradiente de IVN máximo, las clases 6 y 9 correspondieron a las comunidades de ambientes más húmedos, ubicadas en las áreas topográficamente más bajas, que permanecen verdes durante gran parte del año. Las áreas correspondientes a la clase 6 se identificaron con la comunidad E, donde las especies más constantes fueron *Eryngium ebracteatum, Mentha pulegium y Eleocharis sp.*, entre otras. Estos stands presentaron una cobertura promedio de 65% y una riqueza florística de 24 especies. Por su parte, las áreas correspondientes a la clase 9 correspondieron a la comunidad F, ubicada en las áreas más bajas del establecimiento. La especie más constante y de mayor cobertura fue *Leersia hexandra,* que en la mayoría de los censos alcanzó valores cercanos a 90% de la cobertura total, mientras el promedio de especies por censo fue de 15, el más bajo de todas las comunidades consideradas.

La receptividad estimada para todo el establecimiento resultó de 0.67 EV.ha^{-1}.año^{-1}, que representa un consumo total de 2937 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}. La receptividad de los potreros osciló entre 0.6 y 0.8 EV.ha^{-1}.año^{-1} y estuvo asociada a la proporción de la superficie ocupada por la comunidad B (r=0.94, n=14, p<0.01). La máxima receptividad se observó en los potreros con mayor proporción de comunidad B, la de mayor PPNA e IC. La receptividad global obtenida fue superior a la calculada (0.50 EV.ha^{-1}.año^{-1}) a partir del producto entre la PPNA, estimada a partir de las precipitaciones (Sala et al. 1988), y el IC, estimado a partir de la PPNA (Golluscio et al. 1998).

Tabla 1. Asociación entre unidades identificadas en el mapa clasificado y las distintas comunidades mediante la prueba de Chi^2 (χ^2=147, p<0.00001, gl=23). Las clases de dinámica del IVN 2, 7 y 8 fueron excluidas debido a su escasa superficie (<2 ha).

Table 1. Association between cartographical units and plant communities, evaluated by Chi^2 test (χ^2=147, p<0.00001, gl=23). Classes of NDVI dynamics 2, 7 and 8 were excluded because of their small area (<2 ha).

		Clase de dinámica del IVN						
		1	3	4	5	6	9	Total
Comunidad	B		9	7	5			21
	E					4		4
	F						12	12
	I	12						12
	Total	12	9	7	5	4	12	49

DISCUSIÓN

Las dos comunidades analizadas difirieron en su PPNA, que resultó un 53.3% superior en la comunidad B que en la I (4600 vs. 3000 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}), en correspondencia con las limitantes impuestas al crecimiento de las plantas por las respectivas condiciones edáficas (Batista & León 1992; Ansín et al. 1998; Posse et al. 2005). Los valores de PPNA obtenidos en la comunidad B, la comunidad con menores restricciones, fueron 19% menores a los estimados a partir de la precipitación media anual. Una posible causa de tales diferencias podría ser que, al no diferenciar entre especies, el método utilizado no permitiera detectar la PPNA de especies que están produciendo en el momento en que otras están senesciendo (Singh et al. 1975; Sala & Austin 2000; Scurlock et al. 2002). El incremento de la PPNA en respuesta a la exclusión del pastoreo registrado en la comunidad B ya había sido descripto con anterioridad (Oesterheld & Sala 1994; León & Burkart 1998). En cambio, la

notable respuesta observada en la comunidad I constituye un valioso hallazgo de nuestro trabajo y amerita futuros estudios acerca de la dinámica de las distintas especies que la componen. El incremento registrado en la PPNA de ambas comunidades luego de la exclusión al pastoreo no obedeció a un aumento de la precipitación anual entre 1999 y 2001. Si bien en 1999 la precipitación fue levemente inferior al promedio de la década previa, alcanzó sus valores más altos en el año 2000 (45% superior al promedio) siendo prácticamente igual al promedio en 2001. Refuerza esta aseveración el hecho que datos tomados simultáneamente en áreas pastoreadas no mostraron un aumento de la PPNA entre 1999 y 2001 en ninguna de las dos comunidades estudiadas (datos no mostrados).

Las mediciones de IC fueron 74 a 84% mayores que las estimadas a partir de la PPNA medida a campo (comunidades B e I, respectivamente). Tal discrepancia puede obedecer a diversas causas. Como se sugiere más arriba, la metodología pudo haber subestimado la PPNA (denominador en el cálculo del IC), pero también es cierto que la vegetación de la Pampa Deprimida tiene mayor calidad forrajera (Hidalgo et al. 1998; Cauhépé & Hidalgo 2005) que el promedio de los sitios utilizados en el trabajo original de Oesterheld et al. (1992). El hecho que los pastizales de la Pampa Deprimida presentan biomasa verde durante todo el año, como consecuencia de la coexistencia de especies C3, que vegetan durante otoño e invierno y alcanzan su máxima productividad en la primavera temprana, y gramíneas C4 que crecen durante primavera, verano y otoño alcanzando su máxima productividad durante el verano, abona esta segunda posibilidad (Sala et al. 1981; Sala et al. 1986; Perelman et al. 2001). En esas condiciones, el consumo animal anual no tendría una época del año marcadamente limitante como la que se puede registrar en otras regiones incluidas en el trabajo original de Oesterheld et al. (1992).

La receptividad calculada resultó similar a la considerada como máxima en la zona y fue 34% mayor a la calculada a partir de los modelos empíricos analizados (Sala et al. 1988; Golluscio et al. 1998). Esto sugiere que el hecho que el modelo de Sala et al. (1988) arrojara una estimación de PPNA mayor a la medida se vio sobrecompensado por el hecho que el modelo de Golluscio et al. (1998) diera una estimación de IC menor a la medida.

Nuestros resultados sugieren que en el noreste de la Depresión del Salado se puede estimar la receptividad de un establecimiento como el promedio de las receptividades de las comunidades que lo integran, ponderado por la superficie ocupada por cada una de ellas. No obstante, la calidad y confiabilidad de la estimación de receptividad dependerán de la calidad y confiabilidad de los datos de PPNA e IC de que se disponga. En el peor de los casos, a falta de mediciones concretas en un sitio determinado, el uso de modelos globales parece proveer una estimación razonable de receptividad, que deberá contrastarse con el desempeño de los animales en años sucesivos.

AGRADECIMIENTOS

A J. Lizzi y C. Di Bella por su valiosa contribución en el procesamiento de imágenes satelitales. Al grupo de trabajo de la Cátedra de Forrajicultura de la UNLP (M. Oyhamburu, E. Hoffmman, O. Ansín) quienes amablemente nos brindaron parte de los datos necesarios para la elaboración de este trabajo. A todos los alumnos del curso que participaron en el trabajo de campo. A los docentes de la Especialización en Sistemas Pasturiles de la FAUBA, y muy particularmente a A. Ayala Torales, M. Aguiar y R. León por su estímulo y sus comentarios en el proceso de desarrollo de este trabajo. Al equipo editorial de Ecología Austral y a los revisores anónimos que contribuyeron a mejorar este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ANSÍN, OE; EM OYHAMBURU; EA HOFFMANN; MC VECCHIO & MC FERRAGINE. 1998. Distribución de raíces en pastizales naturales y pasturas cultivadas en La Pampa Deprimida bonaerense y su relación con la biomasa forrajera. *Rev. de la Facultad de Agronomía de La Plata* **103**:141-148.

Tabla 2. Constancia (%) de las especies de los distintos grupos florísticos definidos por León et al. (1979) en cada una de la comunidades identificadas en el establecimiento, relativa al total de censos realizados en cada una de ellas.

Table 2. Constancy (%) of species of the different floristic groups defined by León et al. (1979) in each of the plant communities identified in the farm, relative to the total number of releveés performed within each community.

	Comunidad	B	E	F	I		Comunidad	B	E	F	I
	Clase de dinámica del IVN	3, 4 y 5	6	9	1		Clase de dinámica del IVN	3, 4 y 5	6	9	1
Grupo florístico	Número de censos	21	4	12	12	Grupo florístico	Número de censos	21	4	12	12
I	*Stipa charruana*	100				**VIII**	*Pterocaulon subvirgatum*	30			
	Bromus mollis	5					*Berroa gnaphalioides*	10			30
	Piptochaetium spp	40				**IX**	*Unco* spp	5	100	80	
	Chevreulia sarmentosa				30		*Eryngium ebracteatum*	10	100	80	
	Eragrostis lugens	10					*Mentha pulegium*		100	60	10
	Nothoscordum inodorum	10	100	50			*Rumex* spp				10
	Aster montevidensis	30	30		30		*Trifolium repens*		80		
	Bromus unioloides	20	30				*Leontodon nudicaulis*		100		
	Phila canescens	70					*Stipa formicarum*		50	30	
	Baccharis trimera	90				**X**	*Danthonia montevidensis*	5		30	
II	*Briza* spp	20		30	10		*Pamphalea bupleurifolia*			80	
	Cirsium vulgare	20					*Panicum gouinii*			10	
IV	*Melica brasiliana*	20					*Eleocharis* sp		100	60	
	Coniza blakei	5					*Marsilea concinna*	5	80	30	
	Baccharis cordifolia	40					*Eleocharis montevidensis*			10	
	Borreria eryngioides	30				**XI**	*Echinochloa helodes*		30		
	Margyricarpus pinnatus	20					*Alternanthera philoxeroides*		50		
	Sporobolus platensis	20				**XII**	*Leersia hexandra*		80	100	
	Jaborosa integrafolia	10				**XIV**	*Carex* spp	20		50	
V	*Setaria geniculata*	20	100	10			*Distichlis* spp				50
	Paspalum dilatatum	90	30	40		**XVII**	*Sida leprosa*	5			
	Ambrosia tenuifolia	80		10	90		*Hordeum stenostachys*				80
	Eryngium horridum	50					*Sporobolus pyramidatus*				70

Tabla 2. Continuación.

Table 2. Continued.

	Comunidad	B	E	F	I		Comunidad	B	E	F	I
	Clase de dinámica del IVN	3, 4 y 5	6	9	1		Clase de dinámica del IVN	3, 4 y 5	6	9	1
Grupo florístico	Número de censos	21	4	12	12	Grupo florístico	Número de censos	21	4	12	12
	Eryngium echinatum		50	10	50		*Nostoc* spp				70
	Spilanthes stolonifera	10	80	30	50		*Acicarpha procumbens*				80
	Juncus imbricatus	60	80	30	50		*Spergularia villosa*				40
	Axonopuus compresus	20	80			**XVIII**	*Puccinellia glaucescens*				10
	Stenotaphrum secundatum	10		20			*Diplachne uninervia*				10
	Apium leptophyllum	30			10		*Chloris berroi*				100
	Bothriochloa laguroides	60			20		*Petunia parviflora*				20
	Gerardia communis	10	100		20		*Monerma cylindrica*				60
	Sisyrinchium iridifolium	30	80	10	40		*Lepidium parodii*				80
	Cypella herbertii	10					*Grindelia discoidea*				80
VI	*Alophia lahue*	30	30	10			*Pappophorum mucronulatum*				30
	Cyperus reflexus	20	80	40	60	**XIX**	*Melilotus indicus*				10
	Sporobolus indicus	30	80		70		*Paspalum vaginatum*			30	30
VII	*Panicum milioides*	30	50	10	20	**XX**	*Chaetotropis elongata*			70	
	Panicum bergii	10	30		30		*Lolium multiflorum*	90	30	50	80
	Dichondra microcalyx	60	80	10			*Gaudinia fragilis*	40			90
	Verbena montevidensis	70					*Lotus tenuis*	70	100	90	10
	Eclipta bellidioides	30					*Plantago* spp	10			
	Conyza bonariensis	20					*Oxalis* spp	5			
	Adesmia bicolor	10					*Medicago lupulina*	5			
	Piptochaetium stipoides	10		10	30		Promedio de N° de especies	22	24	15	23
VIII	*Stipa papposa*	10			60						
	Aristida murina				50		Promedio de cobertura (%)	79	65	57	35

BRAUN-BLANQUET, J. 1950. Sociología vegetal. ACME Agency. Buenos Aires. 444 pp.

BATISTA, WB & RJC LEÓN. 1992. Asociación entre comunidades vegetales y algunas propiedades del suelo en el centro de la Depresión del Salado. *Ecol. Austral* **2**:47-55.

CAUHÉPÉ, MA & LG HIDALGO. 2005. La Pampa Inundable: el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. Pp. 403-414 en Oesterheld, M; MR Aguiar; CM Ghersa & JM Paruelo (Eds.). La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando J.C. León. Editorial Facultad de Agronomía. UBA.

COCCIMANO, M; A LANGE & E MENVIELLE. 1975. Estudio sobre las equivalencias ganaderas. *Producción Animal* **41**:161-190.

COCCIMANO, M; A LANGE & E MENVIELLE. 1977. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos. 23. AACREA.

GOLLUSCIO, AR; A DEREGIBUS & JM PARUELO. 1998. Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecol. Austral* **8**:265-284.

HIDALGO, LG; MA CAUHÉPÉ & AN ERNI. 1998. Digestibilidad y contenido de proteína bruta en especies de pastizal de la Pampa Deprimida. Argentina. *Revista de Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales* **13**:165-177.

HOLECHEK, JL; RD PIEPER & CH HERBEL. 1995. Range Management principles and practices. Prentices Hall, Englewood Cliffs, N.J. 2nd ed. 177-214.

LEÓN, RJC; S BURKART & CP MOVIA. 1979. La Vegetación de la República Argentina. Relevamiento fitosociológico del pastizal del Norte de la Depresión del Salado. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Serie Fitogeográfica **17**:11-93.

LEÓN, RJ & S BURKART. 1998. El pastizal de la Pampa Deprimida estados alternativos. *Ecotrópicos* **11**:121-130.

MONTEITH, JL. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *J. Appl. Ecology* **9**:747-66.

OESTERHELD, M; OE SALA & SJ MCNAUGHTON. 1992. Effect of animal husbandry on herbivore-carrying capacity at a regional scale. *Nature* **356**:234-236.

OESTERHELD, M & OE SALA. 1994. Modelos ecológicos tradicionales y actuales para interpretar la dinámica de la vegetación. El caso del pastizal de la Pampa Deprimida. *Rev. Argentina de Producción Animal* **14**:9-14.

PARUELO, JM & RA GOLLUSCIO. 1994. Range assessment using remote sensing in Northwest Patagonia (Argentina). *J. Range Management* **47**:498-502.

PARUELO, JM; HE EPSTEIN; WK LAUENROTH & IC BURKE. 1997. ANPP estimates from NDVI for the central Grassland region of the United States. *Ecology* **78**:953-958.

PARUELO, JM; M OESTERHELD; CM DI BELLA; M ARZADUM; J LAFONTAINE ET AL. 2000. Estimation of primary production of subhumid rangelands from remote sensing data. App. *Vegetation Science* **3**:189-195.

PARUELO, JM; RA GOLLUSCIO; JP GUERSCHMAN; A CESA; V JOUVE ET AL. 2004. Regional scale relationships between ecosystem structure and functioning: the case of the Patagonian steppes. *Global Ecol. Biogeography* **13**:385-395.

PERELMAN, SB; RJC LEÓN & M OESTERHELD. 2001. Cross-Scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *J. Ecology* **89**:562-577.

PIÑEIRO, G; M OESTERHELD & JM PARUELO. 2006. Seasonal Variation in Aboveground Production and Radiation-use Efficiency of Temperate rangelands Estimated through Remote Sensing. *Ecosystems* **9**:357-373.

POSSE, G; M OESTERHELD & CM DI BELLA. 2005. Landscape, soil and meteorological influences on canopy dynamics of northern flooding Pampa grasslands, Argentina. *App. Vegetation Science* **8**:49-56.

SALA, O; V DEREGIBUS; T SCHLICHTER & H ALIPPE. 1981. Productivity dynamics of native temperate grassland in Argentina. *J. Range Management* **34**:48-51.

SALA, O; M OESTERHELD; RJC LEÓN & A SORIANO. 1986. Grazing effects upon plant community structure in sub humid grasslands of Argentina. *Vegetatio* **67**:27-32.

SALA, OE; WJ PARTON; LA JOYCE & WK LAUENROTH. 1988. Primary production of the central grassland region of the United States. *Ecology* **69**:40-45.

SALA, OE & AT AUSTIN. 2000. Methods of Estimating Aboveground Net Primary Productivity, en Methods in Ecosystem Science. Springer-Verlag. New York. Pp. 31-43.

SCURLOCK, JMO; K JOHNSON & J OLSON. 2002. Estimating net productivity from grassland biomass dynamic measurements. *Global Change Biology* **8**:736-753.

SENFT, RL; MB COUGHENOUR; DW BAILEY; LR RITTENHOUSE & OE SALA. 1987. Large Herbivore Foraging and Ecological Hierarchies. *Bioscience* **37**:789-799.

SINGH, SP; WK LAUENROTH & RK STEINHORST. 1975. Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data. *Botanical Review* **41**:181-232.